KLIMATSKE PROMENE I KGH SISTEMI

CLIMATE CHANGES AND HVACR SYSTEMS

Risto CICONKOV*,

Mašinski fakultet - Skopje, Severna Makedonija

<https://doi.org/10.24094/kgkh.019.50.1.245>

Na početku su dati pokazatelji na globalnom nivou: broj stanovnika u svetu danas i predviđanja za razvijene i zemlje u razvoju. Prikazani su sledeći dijagrami: svetska ukupna potrošnja primarne energije, CO₂ emisije u svetu od sagorevanja goriva od 1971, kao i kumulativne CO₂ emisije po regionima od 1750 g. do sada.

Priloženi su fakti o klimatskim promenama, a to su sledeći pokazatelji (prema WMO i IPCC): povećanje koncentracije GHG, porast globalne temperature vazduha u atmosferi, porast nivoa mora i dr. Nabrojane su posledice od globalnog zagrevanja: ekstremne kiše i poplave; visoke temperature - toplotni talasi, suše, šumski požari; velike štete u poljoprivredi; štetni uticaji na životnu sredinu itd. IPCC daje nekoliko scenarija za globalni porast temperature vazduha do 2100 godine, za globalni porast nivoa mora i dr.

Aktivnosti međunarodne zajednice o klimatskim promenama su organizovane preko: IPCC, UNFCCC, Kjoto protokol, Pariski ugovor i kontinuiranih pregovara. Evropska Unija (EU) je verovatno najnaprednija u borbi sa klimatskim promenama. Navedene su nekoliko bitnih strategija: do 2020 g., do 2030 g. i do 2050 g.

Sistemi za grejanje, klimatizaciju i hlađenje (KGH) su povezane sa potrošnjom energije, a to znači da su izvor emisija GHG. Stanje kod KGH sistemima je takvo da čak i u zemljama EU fosilna goriva su dominantna u sistemima za grejanje.

Opisana su buduća rešenja za KGH sisteme. Prvi korak je povećati energetske efikasnosti zgrada i KGH opreme. Treba raditi na koncept "zgrada sa skoro nula-energijom". KGH sistemi treba da se baziraju na obnovljive izvore energije (OIE). Pomenuta su rešenja sa toplotnim pumpama, solarni paneli, skladištenje toplote, daljinsko grejanje, kombinovana proizvodnja toplote i električne energije, kondenzacioni kotlovi, reverzibilni klima uređaji, pojam "pametnih" zgrada, automatizacija KGH sistema sa digitalnom tehnologijom itd.

Analizirani su politički, ekonomski i socijalni aspekti oko klimatskih promena. Kapitalističko društveno uređenje, tržišna ekonomija, profit, to je glavni razlog za današnju situaciju sa klimatskim promenama. Na kraju je diskusija gde je istaknuta potreba od hitne i velike investicije u OIE i energetske efikasnosti. Za bogatije zemlje to je realno ostvarljivo. No zemlje u razvoju, koje predstavljaju 83% svetske populacije, trebaju finansijsku pomoć, a to se treba regulirati preko Pariskog ugovora. Moguće su prepreke i političkog karaktera (SAD i Pariski ugovor).

Ključne reči: klimatske promene; energija; KGH sistemi;

Indicators at a global level are presented: population in the world today and forecasts for developed and developing countries. The following diagrams are presented: world total primary energy consumption, global CO₂ emissions from combustion since 1971, as well as cumulative CO₂ emissions by regions since 1750.

Facts for climate change are included (according to WMO and IPCC): increase in GHG concentrations, increase in air temperature, rise in sea level, etc. The consequences of global warming are listed: extreme rainfall and floods; high temperatures - heat waves, droughts, wildfires; huge damage to agriculture; harmful impacts on the environment, etc. The IPCC provides several scenarios for a global rise of air temperature up to 2100, for a global rise of sea level etc.

* Author: ristoci@ukim.edu.mk

The activities of the international community on climate change are organized through: IPCC, UNFCCC, Kyoto Protocol, Paris Agreement and continuous negotiations. The European Union (EU) is probably the most advanced in the battle against climate change. Some important strategies are outlined: by 2020, by 2030, and by 2050.

Heating, air-conditioning and refrigeration systems (HVACR) are connected with energy consumption, which means they are a source of GHG emissions. The situation with HVACR systems is such that even in EU countries, the fossil fuels are dominant in the heating systems.

Future solutions for HVACR systems are described. The first step is to increase the energy efficiency of buildings and HVACR equipment. The concept of "nearly zero-energy buildings" should be worked on. HVACR systems should be based on renewable energy sources (RES). The considered solutions include heat pumps, solar panels, thermal storage, district heating, combined heat and power, condensing boilers, reversible air conditioners, the concept of "smart" buildings, automation of HVACR systems with digital technology, etc.

The political, economic and social aspects of climate change are analyzed. Capitalism society, market economy, profit, is the main reason for today's climate change situation. On the end, there is a discussion highlighting the need for urgent and major investment in RES and energy efficiency. For rich countries, this is really achievable. But developing countries, representing 83% of the world's population, need financial assistance, and this needs to be regulated through the Paris Agreement. Obstacles of a political nature are also possible (US and Paris Agreement).

Key words: climate change; energy; HVACR systems;

Uvod

Skoro svaki dan svedoci smo raznih tipova katastrofa kao što su poplave, uragani, cikloni, toplotni talasi (visoke temperature vazduha), suše, šumski požari i slično. Sve to ima velike posledice: ljudske žrtve, velike štete raznih dobara, poljoprivrede, štetni uticaj na sav životinski i biljni svet, generalno na životnu sredinu. Glavni razlog tome su klimatske promene zbog globalnog zagrevanja vazduha iznad zemljine površine i gde ljudski faktor ima glavnu ulogu.

Autor ovog rada je još na KGH kongresu 1996 godine posvetio deo svoje prezentacije na klimatske promene [1], a na KGH kongresu 2002 godine je prezentirao rad potpuno posvećen globalnom zagrevanju Zemlje, uzroci, posledice i načini sprečavanja [2].

Sa početkom razvoja i ekspanzije industrije od sredine 19 veka vrši se nekontrolisano ispuštanje otpadnih gasova i raznih sintetičkih jedinjenja u atmosferi koji stvaraju efekat staklene bašte čime se povećava globalna srednja temperatura atmosfere iznad zemljine površine, odnosno vrši se globalno zagrevanje. Ovi gasovi u međunarodnoj terminologiji nazivaju se kao Greenhouse Gases i često se pišu kraticom GHG. Kod nas se upotrebljava termin "staklenički gasovi", a to su: ugljen-dioksid (CO_2), metan (CH_4), azotni oksid (N_2O) i F-gasovi (CFC, HFC, ...). Najveći ideo ima CO_2 koji se emituje pri sagorevanju fosilnih goriva.

Beleška: u međunarodnoj terminologiji umesto carbon-dioxid se često kaže samo carbon kao na primer "low carbon technology". Proces smanjenja CO_2 emisija se imenuje kao "dekarbonizacija" itd.

NEKI POKAZATELJI NA GLOBALNOM NIVOU

U cilju sagledavanja stanja u svetu sa klimatskim promenama, posledice i mere za poboljšanja, u produžetku su dati razni pokazatelji o stanovništvu, potrošnje goriva i proizvodnja električne energije, GHG emisije od sagorevanja fosilnih goriva, podaci o razvijenim i zemljama u razvoju.

Podaci o stanovništvu su potrebni da bi sagledali današnju potrošnju energije i procenili potrebe u sledećem periodu, kao i odgovarajuće GHG emisije iz njene potrošnje.

Slika 1. Stanovništvo u svetu u razvijenim (plavo) i u zemljama u razvoju (žuto) prema UN [3]

Na sl. 1 dat je broj stanovništva u svetu prema podacima UN [3]. Vidi se da ukupni broj stanovništva je u stalnom porastu. U 1950 g. je bilo ukupno 2,5 milijarde, u aprilu 2019 7,7 milijarde, a u 2055 g. očekuju se 10 milijarde. Veoma je važno

uočiti promene posebno kod razvijenih i zemljama u razvoju. U 2000 g. deo stanovništva u zemljama u razvoju je bio 81%, a u 2030 g. se prognozira deo od 85%. Povećanja broja stanovništva ima direktan uticaj na potrebe za energiju, a to znači veću potrošnju i veće GHG emisije.

Slika 2. Svetska ukupna potrošnja primarne energija od 1971 do 2016 godine u Mtoe. [4]

Na sl. 2 je prikazana ukupna potrošnja primarne energije od 1971 do 2016 godine u Mtoe ("tonne of oil equivalent" u milionima). Vidi se da ukupna potrošnja energije je u stalnom porastu. Najveće učešće ima nafta, zatim uglj i prirodni gas. Paradoksalno je da potrošnja uglja je počela da se naglo povećava baš kad je Kjoto protokol stupio na snagu 2005 godine, a CO₂ emisijski faktor za uglj je veoma velik (jedan od najvećih).

Slika 3. Svetska proizvodnja električne energije po vrsti goriva u TWh [4]

Na sl. 3 je prikazana svetska proizvodnja električne energije po vrsti goriva [4]. Vidi se da fosilna goriva imaju najveće učešće u proizvodnji električne energije. To je očigledan pokazatelj gde treba da se deluje da bi napravili redukciju GHG.

Slika 4. CO₂ emisije u svetu od sagorevanja goriva od 1971 do 2016 po vrsti goriva (Mt CO₂) [4]

Na sl.4 su date globalne CO₂ emisije od sagorevanja goriva od 1971 do 2016 godine po vrsti goriva, u milionima tona. Dva pokazatelja su očigledna i veoma važna: 1) stalni porast CO₂ emisije i 2) najveći udeo u CO₂ emisije imaju uglj i nafta, a i prirodni gas ima ne mali udeo koji se sve više povećava.

Prema IPCC AR4 [6] oko 50% od emitovanog CO₂ se uklanja iz atmosfere u roku od 30 godina, a još 30% će biti uklonjeno za nekoliko vekova. Preostalih 20% može ostati u atmosferi više hiljada godina. Ovo je jedan od najvećih problema jer količina CO₂ u atmosferi se neprestano akumulira. Budući da je CO₂ veoma stabilan gas, "dodatne količine" će ostati u atmosferi mnogo više od naših života. Na sl. 5 je prikazan dijagram sa kumuliranim količinama CO₂. Vidi se da su zemlje EU daleko najviše emitovale CO₂ u zadnjih 250 godina, a na drugom mestu su SAD.

Slika 5. Kumulativne CO₂ emisije po regionima od 1750 g. do sada. Izvor: Global Carbon Project www.globalcarbonproject.org/index.htm

POKAZATELJI KLIMATSKIH PROMENA

U 2017 godini koncentracije GHG su dostigle rekordno visoke vrednosti.

Koncentracije GHG u 2017 godini, izvor: WMO [6]

	Koncentracije	Povećanje u odnosu na 1750 g.
CO ₂	405,5±0,1 ppm	46%
CH ₄	1859±2 ppb	157%
N ₂ O	329,9±0,1 ppb	22%

(ppm - part per million; ppb - part per billion)

U predindustrijskom periodu (pre 1750 g.) koncentracija CO₂ je bila 280 ppm, a u 2017 je porasla na 405 ppm, odnosno za 46%.

Zbog porasta koncentracije GHG, u stalnom porastu je globalna temperatura na zemljinoj površini što se može videti u sledećoj tabeli.

Globalne promene temperature, koncentracije i neke ledene površine [6]

	Godišnje 2018	5 godina 2014-2018	10 godina 2009-2018
Globalna temperatura (promena od 1850 g.)	0,98±0,12 °C	1,04±0,09 °C	0,93±0,07 °C
Koncentracija CO ₂	405.5 ± 0.1 ppm (2017)	400,5 ppm (2013-2017)	394,7 ppm (2013-2017)
Arktik, promena leda, mart	-7,4%	-6,7%	-5,2%
Arktik, promena leda, septembar	-27,7%	-26,6%	-27,5%
Nivo mora, porast	Od 1901 do 2010 g.: 0,19 m		

U istoj tabeli prikazani su i smanjenja ledenih površina na Arktiku u martu i septembru u prethodnim godinama kao i porast nivoa mora (oko 20 cm) radi topljenja ledenih masa.

Posledice od globalnog zagrevanja

O posledicama od globalnog zagrevanja i nema potrebe pisati jer svakog dana na TV vestima vidimo slike o njima u pojedinim regionima u celom svetu. Kratko, to su:

- Tropske oluje, ekstremne kiše, poplave;
- Visoke temperature - toplotni talasi; suše; šumski požari;
- Poljoprivreda i sigurnost hrane; glad i neuhranjenost; velike štete u poljoprivredi;

- Štetni uticaji na životnu sredinu: na životinski i biljni svet (biodiverzitet); nestajanje raznih vrsta;
- Zdravlje: ljudi izloženi toplotnim talasima;
- Migracija ljudi; suše i poplave su glavni razlozi (nedostatak hrane). Rešenja: izgradnja zidova (SAD-Meksiko)?

Prognoze

Kontinuirane emisije GHG će prouzrokovati daljnje zagrevanje i dugoročne promene u svim komponentama klimatskog sistema, povećavajući verovatnoću velikih i nepovratnih uticaja na ljude i ekosisteme. Prema tome, potreban je detaljan pristup observacija, proučavanja, analize, modeliranja i predviđanja.

U okviru IPCC postoje tri radne grupe (WG) koje rade na razne probleme vezane za klimatskih promena. U periodima od nekoliko godina IPCC publikuje Izveštaj procene (Assessment Report) u koji su detaljno dati: 1) Promatrane promene i njihovi uzroci; 2) Buduće klimatske promene (projekcije), rizici i uticaji; 3) Adaptacija i ublažavanje. Zadnji 5-ti Izveštaj procene (Fift Assesmten Report, ili kratko: AR5) je objavljen 2014 godine. Pored ostalog, u njemu su sadržane projekcije o porastu globalne temperature i o porastu nivoa mora, a ovde su prikazane na sl. 6 i sl. 7. Analize i procene su napravljeni za nekoliko scenarija: Najbolje (RCP2.6) sa najvećih redukcija GHG, do najgoreg (RCP8.5) koje odgovara na stanje bez posebnih mera redukcije GHG.

Slika 6. Globalni porast temperature do 2100 godine, izvor IPCC [7]

Iz ovih projekcija se vidi da kod najgoreg scenarija globalni porast temperature može da bude do 5,5 °C, a u takvom slučaju posledice na zemljinoj površini biću katastrofalne. Ukoliko se preduzmu drastične mere za redukciju GHG, to je najbolje scenario, tada će globalni porast temperature biti 1,5 °C. Globalni porast nivoa mora može dostići i do 1 m kod najgoreg scenarija.

Slika 7. Globalni porast nivoa mora do 2100 godine, izvor IPCC [7]

AKTIVNOSTI MEĐUNARODNE ZAJEDNICE

Budući da globalno zagrevanje zemljine površine poslednjih decenija uzima zabrinjavajuće razmere, Svetska meteorološka organizacija (WMO) i program o životnoj sredini Ujedinjenih Nacija (UNEP) uspostavili su Međunarodno telo o klimatskim promenama (IPCC) u 1988 godini, a u 1992 godini u Rio de Ženeiro bila je potpisana Okvirna konvencija Ujedinjenih Nacija za klimatske promene (United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC). Sa njom je postavljen pravni okvir za stabilizaciju atmosferskih koncentracija GHG kako bi se izbeglo “opasno antropogeno ometanje klimatskog sistema”. Svake godine UN organizuje godišnji samit o klimatskim promenama t.z. “Conference of Parties” (COP). Na samitu 1997 godine donešen je Kjoto protokol sa kojim industrijski razvijene zemlje (grupa Aneks 1) se obavezuju na redukciju GHG u proseku 5% ispod nivoa iz 1990 g. u periodu 2008-2012 (prvi obavezujući period), sa specifičnim ciljevima koji se razlikuju od zemlje do zemlje. Zemlje u razvoju (grupa ne-aneks 1) nemaju obavezu za redukciju GHG. Za sprovođenje obaveza uspostavljeni su mehanizmi:

- Razmena (trgovanje) sa emisijama (Emissions Trading - ET),
- Zajednička implementacija (Joint Implementation - JI),
- Mehanizam za čist razvoj (Clean Development Mechanism - CDM), odnosi se na zemlje u razvoju.

Nakon donošenja Kjoto protokola, koji je trebao važiti do 2012 g., počeli su pregovori za novi ugovor. Pregovori su naporni i dugotrajni, ima neki parcijalni napredak, ali finalni ugovor još nije postignut (sada je juni 2019). U 2015 g. donešen je t.z. Pariski ugovor o klimatskim promenama koji uključuje cilj ograničavanja globalnog prosečnog porasta temperature znatno ispod 2°C, i nastojanja da se ograniči na 1,5°C. Određeno je da svaka strana (država) dostavlja NDC (Nacionalno

određeni doprinos) kojeg namerava postići na svakih pet godina sukcesivno počevši od 2020 godine (ili 2025). Ovaj ugovor sadrži opšta pravila bez operativnih detalja.

Na klimatskom samitu 2018 godine (u Katowice) donešen je pravilnik (“rulebook”) o sprovođenju Pariskog ugovora. U njemu su obuhvaćeni: ublažavanje (mitigation) - daljnje upatstvo u vezi NDC; adaptacija, tehnologija, finansiranje, transparentnost i dr. No prema nekim analitičarima ovaj pravilnik nije kompletan, posebno u deo finansiranja koji je najosetljiviji. Znači potrebne su daljnje pregovore.

AKTIVNOSTI EVROPSKE UNIJE

Evropska Unija (EU) je verovatno najnaprednija u borbi sa klimatskim promenama. U produžetku su navedene nekoliko bitnih koraka t.e. strategije (https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies_en).

2020 paket za klimu i energiju (2020 climate & energy package) (2007)

To je skup obavezujućih zakona koji će osigurati da EU ispuní svoje klimatske i energetske ciljeve za 2020 godinu. Paket postavlja tri ključna cilja:

- 20% smanjenja emisije GHG (od nivoa iz 1990);
- 20% energije u EU iz obnovljivih izvora;
- 20% poboljšanje energetske efikasnosti;

EU sistem trgovanja emisijama (ETS) je ključni EU alat za smanjenje emisije GHG velikih postrojenja u energetskom i industrijskom sektoru.

2030 okvir za klimu i energiju (2030 climate & energy framework) (2014)

Ovaj dokument za klimu i energiju obuhvata EU ciljeve i političke namere za period od 2021 do 2030 godine. Ključne ciljeve za 2030 godine su:

- Najmanje 40% smanjenja emisije GHG (od nivoa iz 1990);
- Najmanje 32% udeo za obnovljivu energiju;
- Najmanje 32,5 poboljšanje energetske efikasnosti.

2050 dugoročna strategija (2050 long-term strategy) (2018)

Evropska Komisija poziva na klimatski neutralnu Evropu do 2050 godine. To je strateška dugoročna vizija za prosperitetnu, modernu, konkurentnu i klimatski neutralnu ekonomiju do 2050 godine.

Čista energija za sve Evropljane (Clean Energy Package for all Europeans), 2019

Ovaj paket sastoji se prvenstveno od sledećih elemenata: Na prvom mestu energetska efikasnost; Više obnovljivih

izvora energije; Bolje upravljanje energetsom unijom; Više prava za potrošače; Pametnije i efikasnije tržište električne energije:

SISTEMI ZA GREJANJE I HLAĐENJE

Stanje KGH sistema

Glavni i najveći izvor GHG emisije je sagorevanje fosilnih goriva, a to je u sektoru energije gde spadaju i KGH sistemi. U svim zgradama, stambene i komercijalne, postoje potrebe za grejanje i hlađenje prostorija, kao i potrebu od sanitarne tople vode. Te potrebe su različite u zavisnosti od geografske lokacije t.e. klimatske zone. Na primer, u severnoj Evropi ima veće potrebe za grejanje, a u južnoj za hlađenje. U nekim delovima sveta ima i visoke temperature i visoku relativnu vlažnost vazduha, pa zato je hlađenje potrebno skoro preko cele godine (na primer, jugo-istočna Azija).

Tehnologije za proizvodnju toplote se kreću od malih decentralizovanih uređaja, kao što su kotlovi na gas i biomasu, mikro i male kogeneracijske jedinice, toplotne pumpe i pojedinačni solarni termalni paneli, do velikih centralizovanih proizvodnih jedinica u mrežama daljinskog grejanja i velikih industrijskih kotlova. Isto tako, hlađenje može biti proizvedeno u decentralizovanim uređajima koristeći tehnologije od malih klima uređaja do velikih hladnjaka (čilera) i toplotnih pumpi. Kapacitete koje se koriste za proizvodnju toplotne energije kreću se od 1 kW (i manje) do nekoliko stotina MW.

Danas grejanje i hlađenje u zgradama i industriji čine oko 40% potrošnje finalne energije u svetu - što je veći udeo od transporta (27%) [8]. Pored toga, skoro 65% ove potrošnje se oslanja na izvore fosilnih goriva.

Slika 8. Primarna energija za grejanje i hlađenje u EU u 2012 g. [9]

U EU grejanje i hlađenje u 2012 godini je iznosilo 50% od finalne potrošnje energije, što znači da je to najveći energetskektor u EU. Na sl. 8 je prikazana primarna energija za grejanje i hlađenje u EU u 2012 godini i vidi se da 75% od te energije se dobija sagorevanjem fosilnih goriva, najveći deo

je iz prirodnog gasa, no nisu mala učešća uglja i nafte. Učešće OIE je samo 18%.

U EU dokumentu iz 2016 godine [9] piše da skoro 50% zgrada u EU ima individualne kotlove instalirane prije 1992 godine, sa efikasnošću od 60% ili manje. Od 30 do 50% od ovih kotlova su stariji od svog tehničkog životnog veka. Tehnologije grejanja sa niskom efikasnošću, uključujući kotlove na ugalj, naftu i prirodni gas, kao i kotlovi sa elektro otpornim grejačima, i dalje dominiraju u proizvodnji toplote u većini zgrada.

Globalno, sistemi daljinskog grejanja obezbeđuju relativno mali deo (oko 10%) ukupne potrebe za grejanje u zgradama, iako u nekim zemljama taj deo je prilično velik (npr. oko 50% u Švedskoj). U Rusiji i u Kini daljinsko grejanje u zgradama je dosta raspostranjeno (nad 20%). No današnje stanje u svetu u pogledu daljinskog grejanja je dosta nepovoljno jer 89% od tih sistema koriste fosilna goriva (Rusija 91%; Kina 99%) [10].

Smatra se da drvo (biomasa) je klimatski neutralno gorivo iako emituje CO₂ pri sagorevanju. Sa druge strane, kad je u fazi vegetacije, zelenilo apsorbira CO₂ iz okolnog vazduha pri čemu se oslobađa i kiseonik. U našem regionu, posebno u Makedoniji i Srbiji, drvo je najčešće gorivo za individualno grejanje, no peći (i šporeti) su neefikasne, nema potpunog sagorevanja tako da emituje se više dima i PM10 čestica koji prouzrokuju veliko lokalno zagađenje. U tom pogledu, mnogo je bolje koristiti drvene pelete gde je sagorevanje skoro potpuno.

Grejanje sa električnom energijom sa elektro-otpornim grejačima je čisto za lokalnu sredinu, no treba ga izbegavati jer pri proizvodnji električne energije (dominira ugalj) emituje se velika količina CO₂. Taj emisijski faktor [kg CO₂/kWh] u zemljama regiona iznosi: Makedonija 0,92; Srbija 0,70; Hrvatska 0,42; BiH 1,04; Bugarija 0,69; Romanija 1,10 [11].

U sektoru hlađenja troši se oko 20% od ukupne električne energije koja se koristi širom sveta [12]. Rashladni uređaji utiču na globalnom zagrevanju na dva načina: 1) Indirektno – potrošnjom električne energije, 2) Direktno – isticanjem rashladnih fluida koji imaju veoma visoki GWP. Upotreba klima uređaja za hlađenje je u stalnom porastu i predstavlja skoro 20% potrošnje ukupne električne energije koja se danas koristi u zgradama širom sveta [13]. Ovaj trend će i dalje rasti ako ekonomski i demografski rast u toplijim zemljama u svetu produži sa sadašnjim tempom.

Buduća rešenja za KGH sisteme

Naš (Balkanski) region je u Evropi, neke zemlje su članice EU, a neke su kandidati, pa zato ovde često puta će biti

korišćeni neki dokumenti, direktive, strategije i sl. donete u okviru EU, a neke od njih su već sprovedeni u regionu.

U tom kontekstu veoma važni dokumenti (direktive i sl.) su:

- Energy performance of buildings directive (EPBD), revised, 2018, <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-performance-of-buildings>
- Energy Efficiency Directive, revised, 2019, <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency>
- Renewable energy directive, revised, 2018, <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy>

Energetska efikasnost. Prvi korak ka smanjenju emisija GHG u sistemima za grejanje i hlađenje je smanjiti njihove potrebe (kapacitete). Kod zgrade (kuće) treba ugraditi toplotnu izolaciju na svim spoljašnim površinama (zidove, tavan, pod) i staviti prozore sa dvostrukim ili trostrukim zastakljivanjem. Poželjno je primeniti EU direktivu o energetskim karakteristikama zgrada (EPBD) sa pratećim dokumentima. U njoj je ubuhvaćen ne samo termički aspekt građevinskog objekta, već i instalirana oprema za grejanje i hlađenje, inspekcija opreme itd. U stvari, glavni način kako smanjiti kapacitete za grejanje i hlađenje je povećati **energetsku efikasnost** zgrade i instalirane opreme.

Zgrada sa skoro nula-energijom (Nearly zero-energy buildings - NZEB) je termin za zgradu sa odličnom energetskom karakteristikom u kojoj potrošnja energije je veoma mala i uglavnom pokrivena iz obnovljivih izvora. Od 2021 godine pa nadalje, sve nove zgrade u EU moraju biti “zgrade sa skoro nula-energijom” oslanjajući se na sva nova tehnološka rešenja. Ne samo nove, već i sve stare zgrade se moraju postepeno renovirati, a to treba iskoristiti za instaliranje novu efikasnu opremu za grejanje i hlađenje. Svakako da za ovakve akcije su potrebne velike investicije, što znači da su lakše izvodljive u bogatijim (razvijenijim) zemljama.

Budući da sagorevanje fosilnih goriva (ugalj, nafta i gas) je glavni uzrok globalnog zagrevanja, onda postavlja se pitanje kako dalje rešiti sisteme za grejanje? Odgovor je: koristiti **obnovljive izvore energije** (OIE) bilo u obliku električne energije, toplote ili goriva. A to su: vetar, solarna energija (termalni i fotonaponski paneli), hidroenergija, geotermalna energija, biomasa, biogas, gas iz postrojenja za tretman otpadnih voda. Drvo (biomasa) je obnovljiv izvor energije ako godišnji porast drvne mase (povećanje šumskog fonda) jedne zemlje je veći od potrošnje (seča) drva.

Toplotne pumpe koje koriste električnu energiju dobivenu od OIE je jedno od najlogičnijih rešenja za grejanje prostorija. Toplotne pumpe vazduh-vazduh (reverzibilni klima uređaji) sa inverter tehnologijom imaju veliku ekspanziju na

tržištu. Njihov sezonski grejni faktor (SCOP) dostiže do 5,2 prema Eurovent uslovima [14]. To znači da za potrošnju energije od 1 kWh dobija se 5,2 kWh toplotne energije. Kod elektro-otpornih grejalica dobija se samo 1 kWh toplotne energije i zato ih treba izbaciti iz upotrebe. Toplotne pumpe vazduh-voda kao i geotermalne toplotne pumpe su isto tako veoma dobro rešenje za podno ili grejanje sa “fan-coil” aparatura. Autor je na KGH kongres-2011 prezentirao rad “Rashladni uređaji sve više postaju i toplotne pumpe” [15] gde se mogu naći više detalji.

Klima uređaji u režimu hlađenja danas mogu dostići sezonski faktor SEER = 10, a predviđa se dalnji mogući razvoj tako da se ovaj faktor može još povećati.

Solarni paneli za sanitarnu toplu vodu su isto tako dobro rešenje jer se koristi OIE. Ako je u objektu instalirana i toplotna pumpa vazduh-voda ili voda-voda, onda to može biti komplementarni sistem kada nema dovoljno sunca i/ili kada rezervoar za toplu vodu nije dovoljan. Solarni paneli za toplu vodu se mogu koristiti i za grejanje prostorija u specifičnim uslovima i veće investicije.

Skladištenje toplote (thermal storage) može da bude dopunska komponenta sistemima za grejanje i/ili hlađenje, a izvode se u obliku rezervoara vode ili leda. Kod solarnih panela skladištenje tople vode se vrši kada ima sunce, a topla voda se može koristiti i kad nema sunca (i nekoliko dana). Skladištenje hladne vode ili leda se vrši kada hlađenje nije potrebno (noćni režim; jeftina el. tarifa), a preko dana koristi se skladištena hladnoća.

Pametne zgrade (smart buildings) nije nešto novo što se sad pojavilo u konceptu zgrade. To je proces koji traje sa razvojem upravljanja sistema zgrada, na početku je bila elektromehanička automatizacije KGH sistema. Sa pojavom digitalne tehnologije došli su DDC (Direct Digital Control) kontroleri sa kojima su dalje projektovani t.z. EMS (Energy Management Systems), BAS (Building Automation Systems) i sl. Autor ovog rada je na KGH kongresima 2003 i 2004 godine prezentirao radove za automatizaciju KGH sistema sa DDC tehnologijom [16], [17].

Koristeći DDC kontrolere, BAS upravlja postrojenjima kao što su kotlovi, čileri, pumpe, ventilatori, osvetljenja i bezbednosni sistemi prema odgovarajućim promenljivim uslovima rada i to: vreme, temperatura, vlažnost i nivo osvetljenja. Sistem DDC može da izvršava sledeće osnovne funkcije povećavajući energetsku efikasnost: a) Programiranje rada opreme; b) Optimalni start/stop (opreme za grejanje i hlađenje prema momentalnih potreba); c) Podešavanje od strane operatora (setiranje regulatora za uključivanje sistema); d) Monitoring (arhiviranje radnih parametara i njihov trend); e) Izveštaj

za alarme (defekti opreme, rad izvan granica temperature i pritiska) i dr.

Daljinsko grejanje je jedno od mogućih rešenja, no ne kao većinu danas sa fosilnim gorivama, već u kojima se koriste OIE. Na primer, toplotne pumpe koje koriste električnu energiju dobivenu od OIE, sa kapacitetom od nekoliko MW. Druge opcije su: geotermalna energija, otpadna toplota od nekog industriskog objekta (ako je u blizini) i dr. Postojeće cevne mreže treba modernizovati ili zameniti sa novom generacijom mreže, kako i razgledati rešenje sa nižom temperaturom tople vode.

U našem regionu daljinsko hlađenje se ne primenjuje mnogo (ili ga ima veoma retko), a to rešenje više odgovara za delove grada gde je velika gustina zgrada.

Kombinovana proizvodnja toplote i električne energije, isto tako poznato pod imenom kogeneracija, je istovremena proizvodnja (korisne) toplotne i električne energije u jednom postrojenju. U stručnoj literaturi ova postrojenja označavaju se kraćenicom CHP (Combined Heat and Power). Najčešće korišćeno gorivo je prirodni gas. Ovo je efikasniji način korišćenja goriva u poređenju sa samostojnog rada termoelektrana ili toplana, tako da ukupna efikasnost iznosi 70 do 90%. No gas je fosilno gorivo, a održivo rešenje može biti biomasa (npr. pelete) uz napomenu da ne prouzrokuje lokalno zagađenje. CHP sistem se može uspešno primeniti i za daljinsko grejanje.

Kondenzacioni kotlovi. Kod konvencionalnih kotlova dimni gasovi izaze sa temperaturom od 150 °C do 300°C tako da sa dimom izlazi i vodena para. Kod kondenzacionih kotlova vodena para kondenzira tako da se naknadno koristi latentna toplota, a sa tim se povećava energetska efikasnost kotla za oko 10% (ako je gorivo gas). Kondenzacioni kotlovi su bolje rešenje od konvencionalnih, no kad se koristi fosilno gorivo, to nije održivo rešenje za budućnost.

Hlađenje prostorija (klima uređaji). Treba skrenuti pažnju glavno na dva cilja: 1) smanjiti potrebe za hlađenje prostorija tako da zgrade imaju veliku energetska efikasnost; primeniti koncept “zgrada sa skoro nula-energijom”; 2) povećati energetska efikasnost opreme za hlađenje. Primenom strože standarde energetske karakteristika i druge mere kao što je označavanje (labeling), prosečna energetska efikasnost klima uređaja u svetu mogla bi se udvostručiti od danas do 2050 godine [13].

Poznato je da u rashladnim i klima uređajima se koriste rashladni fluidi. Veći broj su sintetički fluidi HFC koji imaju visoku vrednost GWP faktora. Zato, preporučuje se upotreba uređaja sa prirodnim rashladnim fluidima kod kojih je GWP

veoma nizak (zanemarljiv) ili nekih od novih HFO fluida sa niskim vrednostima GWP faktora [18].

POLITIČKI, EKONOMSKI I SOCIJALNI ASPEKTI OKO KLIMATSKIH PROMENA

Najveći deo sveta živi u kapitalističkom društvenom uređenju zasnovano na tržišnom ekonomijom, a glavni cilj je povećati profit. Za to je potreban stalni ekonomski rast, što znači i rast potrošnje energije. Veći profit utiče na povećanje životnog standarda pri čemu ljudi troše još više energije. Međutim velika proizvodnja i potrošnja energije su glavni činioci u globalnom zagrevanju Zemlje, odnosno klimatske promene. Znači, u osnovi postoji kontradikcija između kapitalizma i životne sredine; stvaranje profita i pitanja klimatskih promena po svojoj prirodi su veliki “neprijatelji”. Može li se naći neki kompromis? Odgovor je: mora. Ova problematika zahteva duboku analizu jer društveno uređenje se ne menja tako lako; niko se ne želi otkazati od stečenih statusa sa privilegijama.

U poglavlju 4 ovog rada su opisane aktivnosti međunarodne zajednice od 1992 do danas (2019 g.), no rezultati nisu uspešni jer emisije GHG se stalno povećavaju, a globalno zagrevanje je oborilo sve rekorde. Kjoto protokol se zasnivao na trgovanje sa GHG emisijama, znači sa elementima tržišne ekonomije. U vreme sprovođenja protokola, cena CO₂ redukcije u okviru CDM projekata je bila 1 CER = 10 do 15 EUR/t CO₂, a u toku 2012 g. je pala na oko 0,3 EUR/t CO₂. Trgovanje sa emisijama GHG se delimično (dobro) odvija u okviru nekih zemalja EU.

Danas sve nade su uperene u Pariskom ugovoru koji treba početi sa primenom od 2020 godine, ali svi uslovi za to nisu ispunjeni. Ovo se posebno odnosi na pravilnik (rulebook) za njegovu primenu koji je predložen 2018 godine, ali nije kompletan jer nedostaje najosetljiviji deo o finansiranju. Verovatno i ovde glavni mehanizam će biti trgovanje sa emisijama GHG i primena preko robustne i složene procedure.

DISKUSIJA

Specijalni Izveštaj IPCC SR15 pokazuje da ograničenje globalnog zagrevanja na 1,5°C iznad predindustrijskog nivoa podrazumeva postizanje neto nulte emisije CO₂ na globalnom nivou oko 2050 godine i istovremeno duboko smanjenje emisija i drugih GHG, posebno metana. Dali je to moguće? Teoretski da, no u praksi to će biti veoma teško ostvarljivo, posebno u sektoru energije, uključujući i KGH sisteme.

Očigledno je da su potrebne velike investicije da bi se poboljšalo stanje u sektoru energije, pre svega investicije u obnovljivim izvorima energije i u poboljšanju energetske efikasnosti zgrada i KGH sistema. Za bogatije (razvijene) zemlje

je lakše obezbediti te investicije, no za zemlje u razvoju to je veći teret zbog nižeg ekonomskog potencijala tako da njima je potrebna finansijska pomoć. To je predviđeno u Pariskom ugovoru da se odvija preko nekih finansijskih mehanizama koji do sada nisu utvrđeni (rulebook), a za to se još pregovara (sada je juni 2019). Verovatno će se finansijski mehanizmi bazirati na trgovanje sa emisijama GHG, a tamo gde je trgovija, tamo je interes za profit i opet sudir interesa jer profit i ekologija nisu baš kompatibilni.

Zemlje u razvoju i zemlje sa zabrzanom ekonomijom (Kina i dr.) imaju rasteću potrebu od energije, a posledice biću veće emisije GHG. Dali neko ima pravo da zaustavlja njihov industrijski razvoj kao što su imale razvijene zemlje (EU i SAD) u 19 i 20 veku (vidi sl. 5)? U ovom pogledu, načelo ravnopravnosti ne postoji.

Kompleksnost problema klimatskih promena je opterećen i sa politikom. Poznato je da SAD nije ratifikovao Kjoto protokol (već istekao 2012 g.) sa izgovorom da bi to smetalo njihovom ekonomijom. Sadašnji predsednik SAD je izjavio (u 2017 g.) da će se njegova zemlja povući sa Pariskog ugovora sa sličnim obrazloženjem. Poznato je da SAD često pokreće inicijative za političke ili ekonomske sankcije prema nekim zemljama. Dali se sada stvorila prilika da se nešto pokrene u obrnutom smeru? U tom pravcu su i sledeći fakti: SAD je najveći proizvođač nafte i gasa u svetu, i CO₂ emisije po stanovniku su daleko najveće u SAD, što se može videti u sledećoj tabeli:

Emisije CO₂ po stanovniku; izvor: IEA, 2016

	Stanovništvo [milioni]	tCO ₂ /capita
Svet	7429	4,35
OECD	1284	9,02
SAD	323,4	14,95
Kina	1386	6,57
Indija	1324	1,57
Srbija	7,1	6,46
Hrvatska	4,2	3,80
Slovenija	2,1	6,58
R. Makedonija	2,1	3,32

Mnoge štete od katastrofalnih poplava, uragana, šumskih požara i sl. se procenjuju u USD (ili Euro). No sve štete od klimatskih promena se ne mogu proceniti ili izraziti preko

novca. Na primer, koliko koštaju ljudski životi izgubljeni u tim katastrofama? Isto pitanje važi i za trajno iščeznuće raznih vrsta životinja i bilja itd.

Mnogi aspekti klimatskih promena i prateći uticaji nastaviće se kroz vekove, čak i ako se zaustave antropogene GHG emisije sada ili uskoro. Rizik od nepovratnih promena će rasti kako se povećava veličina globalnog zagrevanja.

Danas se veoma često upotrebljava moderna reč "smart" (pаметan) počevši od "pаметni telefoni", pa nadalje "pаметne zgrade", "pаметne mreže" itd. Da, to su poboljšanja, no najvažnija stvar su "pаметni ljudi" na svim nivoima: političari, rukovodioci i zaposleni u firmama i institucijama, kao i svi ostali građani.

Skraćenice

- AR - Assessment Report: Izveštaj procene
- CER - Certified Emission Reduction, [EUR/tCO₂]
- COP - Coefficient of Performance: Koeficijent učinka; Grejni faktor
- EER - Energy Efficiency Ratio: Koeficijent učinka; Rashladni faktor
- GHG - Greenhouse Gases: Staklenički gasovi
- GWP - Global Warming Potential: Potencijal globalnog zagrevanja
- IEA - International Energy Agency: Međunarodna agencija za energiju
- IPCC - International Panel for Climate Change: Međunarodno telo za klimatske promene
- NDC - Nationally Determined Contributions: Nacionalno određeni doprinosi
- NZEB - Nearly zero-energy buildings: Zgrada sa skoro nula-energijom
- OIE - Obnovljivi izvori energije
- RES - Renewable energy sources: Obnovljivi izvori energije
- UN - United Nation: Ujedinjene Nacije
- UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change
- WMO - World Meteorological Organization: Svetska meteorološka organizacija
- ZEB - Zero-energy building: Zgrada sa nula-energijom

Reference

[1] Ciconkov, R., Rashladni fluidi, stanje danas i budući razvoj, Zbornik radova 26 Kongres KGH, Beograd, 1995.

[2] Ciconkov, R., Globalno zagrevanje Zemlje, uzroci, posledice i načini sprečavanja, Zbornik radova 33 Kongres KGH, Beograd, 2002.

- [3] ***, *World Population Prospects: The 2017 Revision*, UN, 2017.
- [4] ***, *Key world energy statistics*, International Energy Agency (IEA), 2018.
- [5] ***, *Climate Change*, Fourth Assessment Report (AR4), IPCC, 2007.
- [6] ***, WMO Statement on the State of the Global Climate in 2018, WMO, 2018.
- [7] ***, *Climate Change*, Fifth Assessment Report (AR5), IPCC, 2014.
- [8] ***, *Energy Technology Perspectives 2017*, IEA, 2017.
- [9] ***, *EU Strategy on Heating and Cooling*, EC, 2016.
- [10] ***, *Perspectives for the clean energy transition*, IEA, 2019.
- [11] Ciconkov, R, *Energija - Kako zaštediti*, Energija, Skoplje, Makedonija, 2010.
- [12] ***, *The Role of Refrigeration in the Global Economy*, 38th Informatory Note, IIR, France, 2019.
- [13] ***, *The Future of Cooling: Opportunities for energy efficient air conditioning*, IEA, 2018.
- [14] ***, *Engineering Databook of Toshiba*, 2019.
- [15] Ciconkov, R, Ciconkov, V, *Rashladni uređaji sve više postaju i toplotne pumpe*, Zbornik radova 42 Kongres KGH, Beograd, 2011.
- [16] Ciconkov, R, *DDC sistem - savremeni način automatizacije sistema KGH*, Zbornik radova 34 Kongres KGH, Beograd, 2003.
- [17] Ciconkov, R, *DDC sistem povećava energetske efikasnosti KGH sistema*, Zbornik radova 35 Kongres KGH, Beograd, 2004.
- [18] Ciconkov, R, *Refrigerants: There is still no vision for sustainable solutions*, *International Journal of Refrigeration*, Vol. 68, 2018, 441-448.